

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年12月 2日
Date of Application:

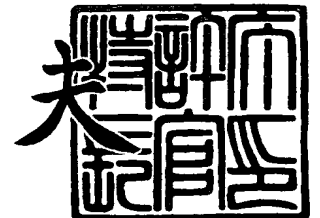
出願番号 特願2002-349426
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2002-349426]

出願人 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー
Applicant(s):

2003年 8月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2003-3069520

【書類名】 特許願

【整理番号】 16CT02158

【提出日】 平成14年12月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A61B 6/03

【発明の名称】 ビームハードニング後処理方法およびX線C T装置

【請求項の数】 16

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127 ジーイー横
河メディカルシステム株式会社内

 【氏名】 貫井 正健

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都日野市旭が丘四丁目7番地の127 ジーイー横
河メディカルシステム株式会社内

 【氏名】 谷川 俊一郎

【特許出願人】

 【識別番号】 300019238

 【氏名又は名称】 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テク
ノロジー・カンパニー・エルエルシー

【代理人】

 【識別番号】 100085187

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 井島 藤治

【選任した代理人】

 【識別番号】 100090424

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 鮫島 信重

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009542

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0005611

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ビームハードニング後処理方法およびX線CT装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置されるファントムの第1の投影情報を、多方向からの複数ビューで撮影して1つのサイノグラムを取得し、

前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報を構成する各チャンネルで、すべての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、

前記第2の関数フィッティングにより求まる補正関数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正すること、
を特徴とするビームハードニング後処理方法。

【請求項2】 撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置される複数の異なる大きさを有するファントムの第1の投影情報を、多方向からの複数ビューで撮影して複数のサイノグラムを取得し、

前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、

前記第2の投影情報を構成する各チャンネルで、すべての前記ビューおよびすべての前記サイノグラムの前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、

前記第2の関数フィッティングにより求まる補正関数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正すること、
を特徴とするビームハードニング後処理方法。

【請求項3】 撮像領域を透過するX線ビームの投影情報を、多チャネルからなるX線検出器を用いて、多方向からの複数ビューで取得し、前記投影情報にビームハードニング効果の補正を行うX線CT装置であって、
前記撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置されるファントムの第1の投影情報を、すべての前記ビューで撮影し、1つのサイノグラムを取得する取得手段と、

前記第1の投影情報に前記ビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成するビームハードニング補正手段と、

前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成する第1のフィッティング手段と、

前記第2の投影情報を構成する各チャネルで、すべての前記ビューの前記第2の投影情報の値を独立変数とする前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングして補正関数を求める第2のフィッティング手段と、

前記補正関数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する補正手段と、
を備えることを特徴とするX線CT装置。

【請求項4】 前記ファントムは、円形の断面形状を備えることを特徴とする請求項3に記載のX線CT装置。

【請求項5】 前記断面形状は、前記撮像領域より小さい径を備えることを特徴とする請求項4に記載のX線CT装置。

【請求項6】 前記第1の関数フィッティングは、前記第2の投影情報のチャネル間で行うことを特徴とする請求項3ないし5のいずれか1つに記載のX線CT装置。

【請求項7】 前記第1の関数フィッティング手段は、複数の前記第2の投影情報を含む1つのサイノグラムのビュー間で行うことを特徴とする請求項3ないし5のいずれか1つに記載のX線CT装置。

【請求項8】 前記第1の関数フィッティング手段は、前記第2の投影情報の値を平均化する平均化手段を備えることを特徴とする請求項3ないし7のいずれか1つに記載のX線CT装置。

【請求項 9】 前記第 1 の関数フィッティング手段は、前記第 2 の投影情報の値に高次関数をフィッティングすることを特徴とする請求項 3 ないし 7 のいずれか 1 つに記載の X 線 C T 装置。

【請求項 1 0】 前記取得手段は、複数の異なる径を有する前記ファントムを用いて、複数の前記サイノグラムを取得することを特徴とする請求項 3 ないし 9 のいずれか 1 つに記載の X 線 C T 装置。

【請求項 1 1】 前記ビームハードニング補正手段は、複数の前記サイノグラムごとに、前記第 1 の投影情報に前記ビームハードニング効果の補正を行い前記第 2 の投影情報を生成することを特徴とする請求項 1 0 に記載の X 線 C T 装置。

【請求項 1 2】 前記第 1 のフィッティング手段は、複数の前記サイノグラムごとに、前記第 2 の投影情報に第 1 の関数フィッティングを行って前記第 3 の投影情報を生成することを特徴とする請求項 1 1 に記載の X 線 C T 装置。

【請求項 1 3】 前記第 2 のフィッティング手段は、前記サイノグラムごとに一次の前記補正関数を求めることを特徴とする請求項 1 2 に記載の X 線 C T 装置。

【請求項 1 4】 前記第 2 のフィッティング手段は、一次の前記補正関数に高次関数の関数フィッティングを行い高次の補正関数を求めることを特徴とする請求項 1 4 に記載の X 線 C T 装置。

【請求項 1 5】 前記第 2 のフィッティング手段は、すべての前記サイノグラムの前記第 3 の投影情報の値を関数フィッティングして補正関数を求めることを特徴とする請求項 1 2 に記載の X 線 C T 装置。

【請求項 1 6】 前記補正関数は、高次項を備えることを特徴とする請求項 1 5 に記載の X 線 C T 装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は、ファントムデータ (phantom data) に基づいて被検体の透過 X 線強度を補正するビームハードニング (beam hardening

g, 以下、B Hと略称する) 後処理方法およびX線C T装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

X線C T装置で用いられるX線源は、あるエネルギー幅を持ったX線を出力する。他方、被検体を透過するX線の線吸収係数は、X線エネルギーに依存しており、被検体の透過長さが大きい程、平均エネルギーが高い方向に移動するビームハードニング効果を呈する。これにより、X線の透過強度すなわち投影情報値と透過長さとは、比例関係が成立せず、非線形の関係となる。

【0 0 0 3】

このB H効果は、再構成画像上では、中央部分の強度が低下するカップピング (c u p p i n g) 効果を生じさせ、例えば、均一な強度の再構成画像を生成する投影情報値の補正関数を、X線検出器のチャンネルごとに求めることにより補正がなされる (例えば、特許文献1 参照)。

【0 0 0 4】

しかし、さらに高精度の補正を行うために、撮像中心に配置される、F O V (撮像領域) 全体を概ね被う直径で、かつ直径の異なる複数の円筒形状のファントムを撮像し、これらファントムの投影情報から前記補正を精密化することが行われる。

【0 0 0 5】

【特許文献1】

特開平5—1 3 0 9 8 7号公報、(第2～3頁、第1～2図)

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来技術によれば、投影情報取得の際に、大きくて配置に手間取る複数のファントムを、繰り返し撮像し、多くの時間が必要であると同時に、投影情報値に非線形効果も考慮した高精度の補正を行うことが出来なかった。すなわち、高精度な投影情報値の補正を行うには、チャンネルごとに異なる大きさの投影情報値が多数必要とされるので、撮像中心に配置される、多種類の直径を有するファントムを撮像する必要があった。

【 0 0 0 7 】

特に、X線CT装置のキャリブレーション (c a l i b r a t i o n) 情報の取得においては、2 ～ 3 個の、2 0 c m ～ 5 0 c m 径を有するファントムを用いて、1 0 0 分を越える撮影を、前記補正の精密化だけの為に行う必要があり、オペレータには作業上の大きな負担となっていた。

【 0 0 0 8 】

これらのことから、BH効果のチャネルごとの補正を、簡易にしかも非線形効果も考慮して精密化できるビームハードニング後処理方法およびX線CT装置をいかに実現するかが重要となる。

【 0 0 0 9 】

この発明は、上述した従来技術による課題を解決するためになされたものであり、BH効果のチャネルごとの補正を、簡易にしかも非線形効果も考慮して精密化できるビームハードニング後処理方法およびX線CT装置を提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】**【課題を解決するための手段】**

上述した課題を解決し、目的を達成するために、第1の観点の発明にかかるビームハードニング後処理方法は、撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置されるファントムの第1の投影情報を、多方向からの複数ビューで撮影して1つのサイノグラムを取得し、前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、前記第2の投影情報を構成する各チャネルで、すべての前記ビューにおける前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、前記第2の関数フィッティングにより求まる補正関数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

この第1の観点による発明によれば、撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置されるファントムの第1の投影情報を、多方向からの複数ビューで撮影して1

つのサイノグラムを取得し、この第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、この第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、さらに第2の投影情報を構成する各チャンネルで、すべてのビューにおける第2の投影情報の値を独立変数として、第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、この第2の関数フィッティングにより求まる補正関数を用いて、撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正することとしているので、ビューごとに第2の投影情報の値が異なるので、補正関数を関数フィッティングで求める際に、第2の投影情報の値の広い範囲で補正関数のフィッティングを行い、補正関数の精度を向上することができる。

【0012】

また、第2の観点の発明にかかるビームハードニング後処理方法は、撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置される複数の異なる大きさを有するファントムの第1の投影情報を、多方向からの複数ビューで撮影して複数のサイノグラムを取得し、前記第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、前記第2の投影情報を構成する各チャンネルで、すべての前記ビューおよびすべての前記サイノグラムの前記第2の投影情報の値を独立変数として、前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、前記第2の関数フィッティングにより求まる補正関数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正すること、を特徴とする。

【0013】

この第2の観点の発明によれば、撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置される複数の異なる大きさを有するファントムの第1の投影情報を、多方向からの複数ビューで撮影して複数のサイノグラムを取得し、この第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、この第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、さらに第2の投影情報を構成する各チャンネルで、すべてのビューおよびすべてのサイノグラムの第2の投影情報の値を独立変数として、第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングし、この第2の関数フィッティングにより求まる補正関数を用いて、撮

像領域に載置される被検体の投影情報を補正することとしているので、サイノグラムごとに第2の投影情報の値が大きく異なるので、補正関数を第2の関数フィッティングで求める際に、第2の投影情報の値のさらに広い範囲で補正関数のフィッティングを行い、補正関数の精度をさらに向上して画質の向上を計ることができ、あるいは、少ない数のファントムで高精度の補正関数を得ることで簡易に補正関数を求めることができる。

【0014】

また、第3の観点の発明にかかるX線CT装置は、撮像領域を透過するX線ビームの投影情報を、多チャンネルからなるX線検出器を用いて、多方向からの複数ビューで取得し、前記投影情報にビームハードニング効果の補正を行うX線CT装置であって、前記撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置されるファントムの第1の投影情報を、すべての前記ビューで撮影し、1つのサイノグラムを取得する取得手段と、前記第1の投影情報に前記ビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成するビームハードニング補正手段と、前記第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成する第1のフィッティング手段と、前記第2の投影情報を構成する各チャンネルで、すべての前記ビューの前記第2の投影情報の値を独立変数とする前記第3の投影情報の値を第2の関数フィッティングして補正関数を求める第2のフィッティング手段と、前記補正関数を用いて、前記撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正する補正手段と、を備えることを特徴とする。

【0015】

この第3の観点の発明によれば、取得手段により、撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置されるファントムの第1の投影情報を、すべてのビューで撮影して、1つのサイノグラムを取得し、ビームハードニング補正手段により、第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、第1のフィッティング手段により、第2の投影情報に第1の関数フィッティングを行って第3の投影情報を生成し、第2のフィッティング手段により、第2の投影情報を構成する各チャンネルで、すべてのビューの第2の投影情報の値を独立変数とする第3の投影情報の値を第2関数フィッティングして補正関数を求め、補正手

段により、この補正関数から、撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正することとしているので、ビューごとに第 2 の投影情報の値が異なるので、補正関数を第 2 の関数フィッティングで求める際に、第 2 の投影情報の値の広い範囲で補正関数のフィッティングを行い、補正関数の精度を向上することができる。

【 0 0 1 6 】

また、第 4 の観点の発明にかかる X 線 C T 装置は、前記ファントムが、円形の断面形状を備えることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

この第 4 の観点の発明によれば、ファントムは、円形の断面形状を備えることとしているので、第 2 の投影情報の値を連続的に変化させることができる。

【 0 0 1 8 】

また、第 5 の観点の発明にかかる X 線 C T 装置は、前記断面形状が、前記撮像領域より小さい径を備えることを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

この第 5 の観点の発明によれば、断面形状は、撮像領域より小さい径を備えることとしているので、小さいファントムを用いてオペレータの負担を軽減することができる。

【 0 0 2 0 】

また、第 6 の観点の発明にかかる X 線 C T 装置は、前記第 1 の関数フィッティングを、前記第 2 の投影情報のチャンネル間で行うことを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

この第 6 の観点の発明によれば、第 1 の関数フィッティングを、第 2 の投影情報のチャンネル間で行うこととしているので、チャンネル方向の補正関数を求めることができる。

【 0 0 2 2 】

また、第 7 の観点の発明にかかる X 線 C T 装置は、前記第 1 の関数フィッティングを、複数の前記第 2 の投影情報を含む 1 つのサイノグラムのビュー間で行うことを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

この第7の観点の発明によれば、第1の関数フィッティングを、複数の第2の投影情報を含む1つのサイノグラムのビュー間で行うこととしているので、ビュー方向にも平滑化され、補正関数を求める際の、第2の投影情報および第3の投影情報の値のばらつきを減少させることができる。

【0024】

また、第8の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記第1の関数フィッティングが、前記第2の投影情報の値を平均化する平均化手段を備えることを特徴とする。

【0025】

この第8の観点の発明によれば、第1の関数フィッティングが、平均化手段により、第2の投影情報の値を平均化することとしているので、簡易に平滑化を行うことができる。

【0026】

また、第9の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記第1のフィッティング手段が、前記第2の投影情報の値に高次関数をフィッティングすることを特徴とする。

【0027】

この第9の観点の発明によれば、第1の関数フィッティングが、第2の投影情報の値に高次関数をフィッティングすることとしているので、ビュー方向に平滑化を行う場合等に高次関数のフィッティングにより平滑化を行うことができる。

【0028】

また、第10の観点の発明にかかるX線CT装置は、前記取得手段が、複数の異なる径を有する前記ファントムを用いて、複数の前記サイノグラムを取得することを特徴とする。

【0029】

この第10の観点の発明によれば、取得手段が、複数の異なる径を有するファントムを用いて、複数のサイノグラムを取得することとしているので、サイノグラムごとに第2の投影情報の値が大きく異なり、補正関数を関数フィッティングで求める際に、第2の投影情報の値のさらに広い範囲で補正関数のフィッティン

グを行い、補正関数の精度をさらに向上して画質の向上を計ることができ、あるいは、少ない数のファントムで高精度の補正関数を得ることで簡易に補正関数を求めることができる。

【0 0 3 0】

また、第 1 1 の観点の発明にかかる X 線 C T 装置は、前記ビームハードニング補正手段は、複数の前記サイノグラムごとに、前記第 1 の投影情報に前記ビームハードニング効果の補正を行い前記第 2 の投影情報を生成することを特徴とする。

【0 0 3 1】

この第 1 1 の観点の発明によれば、ビームハードニング補正手段は、複数のサイノグラムごとに、第 1 の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第 2 の投影情報を生成することとしているので、サイノグラムごとに第 3 の投影情報を生成することができる。

【0 0 3 2】

また、第 1 2 の観点の発明にかかる X 線 C T 装置は、前記第 1 の関数フィッティングが、複数の前記サイノグラムごとに、前記第 2 の投影情報の前記第 1 の関数フィッティングを行い前記第 3 の投影情報を生成することを特徴とする。

【0 0 3 3】

この第 1 2 の観点の発明によれば、第 1 の関数フィッティングが、複数のサイノグラムごとに、第 2 の投影情報の第 1 の関数フィッティングを行い第 3 の投影情報を生成することとしているので、サイノグラムごとの補正関数を求めることができる。

【0 0 3 4】

また、第 1 3 の観点の発明にかかる X 線 C T 装置は、前記第 2 のフィッティング手段が、前記サイノグラムごとに一次の前記補正関数を求めることを特徴とする。

【0 0 3 5】

この第 1 3 の観点の発明によれば、第 2 のフィッティング手段が、サイノグラムごとに一次の補正関数を求めることとしているので、近似的な補正関数を求め

演算効率を向上することができる。

【 0 0 3 6 】

また、第 1 4 の観点の発明にかかる X 線 C T 装置は、前記第 2 のフィッティング手段が、一次の前記補正関数に高次関数の関数フィッティングを行い高次の補正関数を求めることを特徴とする。

【 0 0 3 7 】

この第 1 4 の観点の発明によれば、第 2 のフィッティング手段が、一次の補正関数に高次関数の関数フィッティングを行い高次の補正関数を求めることとしているので、簡易に非線形効果を含む高次の補正関数を求めることができる。

【 0 0 3 8 】

また、第 1 5 の観点の発明にかかる X 線 C T 装置は、前記第 2 のフィッティング手段が、すべての前記サイノグラムの前記第 3 の投影情報の値を関数フィッティングして補正関数を求めることを特徴とする。

【 0 0 3 9 】

この第 1 5 の観点の発明によれば、第 2 のフィッティング手段は、すべてのサイノグラムの第 3 の投影情報の値を関数フィッティングして補正関数を求めることとしているので、多くの第 2 の投影情報および第 3 の投影情報から高精度の補正関数を求めることができる。

【 0 0 4 0 】

また、第 1 6 の観点の発明にかかる X 線 C T 装置は、前記補正関数が、高次項を備えることを特徴とする。

【 0 0 4 1 】

この第 1 6 の観点の発明によれば、補正関数が、高次項を備えることとしているので、非線形効果を含めて高精度のフィッティングを行うことができる。

【 0 0 4 2 】

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照して、この発明にかかるビームハードニング後処理方法および X 線 C T 装置の好適な実施の形態について説明する。なお、これにより本発明が限定されるものではない。

【0043】

まず、本実施の形態にかかる X 線 CT 装置の全体構成について説明する。図 1 は、X 線 CT 装置のブロック (block) 図を示す。図 1 に示すように、本装置は、走査ガントリ (gantry) 2 および操作コンソール (console) 6 を備えている。

【0044】

走査ガントリ 2 は X 線管 20 を有する。X 線管 20 から放射された図示しない X 線は、コリメータ (collimator) 22 により、例えば扇状の X 線ビーム (beam) すなわちファンビーム (fan beam) X 線となるように成形され、X 線検出器 24 に照射される。

【0045】

X 線検出器 24 は、ファンビーム X 線の広がり方向にアレイ状に配列された複数の X 線検出素子を有する。X 線検出器 24 は、複数の X 線検出素子をアレイ状に配列した、多チャンネル (channel) の検出器となっている。

【0046】

X 線検出器 24 は、全体として、円筒凹面状に湾曲した X 線入射面を形成する。X 線検出器 24 は、例えばシンチレータ (scintillator) とフォトダイオード (photodiode) の組み合わせによって構成される。なお、これに限られず、例えばカドミウム・テルル (CdTe) 等を利用した半導体 X 線検出素子または Xe ガス (gas) を用いる電離箱型の X 線検出素子であっても良い。X 線管 20、コリメータ 22 および X 線検出器 24 は、X 線照射・検出装置を構成する。

【0047】

X 線検出器 24 にはデータ収集部 26 が接続されている。データ収集部 26 は、X 線検出器 24 の個々の X 線検出素子の検出データを収集する。X 線管 20 からの X 線の照射は、X 線コントローラ (controller) 28 によって制御される。なお、X 線管 20 と X 線コントローラ 28 との接続関係およびコリメータ 22 とコリメータコントローラ 30 との接続関係については図示を省略する。コリメータ 22 は、コリメータコントローラ 30 によって制御される。

【0048】

以上の、X線管20からコリメータコントローラ30までのものが、走査ガントリ2の回転部34に搭載されている。ここで、被検体あるいはファントムは、回転部34の中心に位置するボア（b o r e）29内のクレードル（c r a d l e）上に載置される。回転部34は、回転コントローラ36により制御されつつ回転し、X線管20からX線を爆射し、X線検出器24において被検体およびファントムの透過X線を、各ビューごとの投影情報として検出する。なお、回転部34と回転コントローラ36との接続関係については図示を省略する。

【0049】

操作コンソール6はデータ処理装置60を有する。データ処理装置60は、例えばコンピュータ等によって構成される。データ処理装置60には、制御インタフェース（i n t e r f a c e）62が接続されている。制御インタフェース62には、走査ガントリ2が接続されている。データ処理装置60は制御インタフェース62を通じて走査ガントリ2を制御する。

【0050】

走査ガントリ2内のデータ収集部26、X線コントローラ28、コリメータコントローラ30および回転コントローラ36が制御インタフェース62を通じて制御される。なお、これら各部と制御インタフェース62との個別の接続については図示を省略する。

【0051】

データ処理装置60には、また、データ収集バッファ（b u f f e r）64が接続されている。データ収集バッファ64には、走査ガントリ2のデータ収集部26が接続されている。データ収集部26で収集されたデータがデータ収集バッファ64を通じてデータ処理装置60に入力される。

【0052】

データ処理装置60は、データ収集バッファ64を通じて収集した透過X線信号すなわち投影情報を用いて画像再構成を行う。データ処理装置60には、また、記憶装置66が接続されている。記憶装置66は、データ収集バッファ64に収集された投影情報や再構成された断層画像情報および本装置の機能を実現する

ためのプログラム (program) 等を記憶する。

【0053】

データ処理装置 60 には、また、表示装置 68 と操作装置 70 がそれぞれ接続されている。表示装置 68 は、データ処理装置 60 から出力される断層画像情報やその他の情報を表示する。操作装置 70 は、オペレータによって操作され、各種の指示や情報等をデータ処理装置 60 に入力する。オペレータは表示装置 68 および操作装置 70 を使用してインタラクティブ (interactive) に本装置を操作する。なお、走査ガントリ 2、撮影テーブル 4 および操作コンソール 6 は、被検体あるいはファントムを撮影して断層画像を取得する取得装置を構成する。

【0054】

図 2 に、データ処理装置 60 の本実施の形態であるビームハードニング後処理方法に関連する部分のみの機能ブロック図を示す。データ処理装置 60 は、記憶装置 66 の投影情報に対して行う、BH 補正手段 201、第 1 のフィッティング手段 202、第 2 のフィッティング手段 204 および画像再構成手段 206 等の機能を含む。

【0055】

BH 補正手段 201 は、記憶装置 66 の投影情報に BH 補正を行う。X 線検出器 24 の各チャンネルで取得される投影情報値を I_h とし、BH 補正した補正データを I_c とすると、BH 補正は次式により行われる。

【0056】

$$I_c = B_0 \cdot I_h + B_1 \cdot I_h^2 + B_2 \cdot I_h^3 + B_3 \cdot I_h^4 \text{—— (1)}$$

ここで、 $B_0 \sim B_3$ は補正係数である。これら補正係数は、例えば、特許文献 1 の方法により各チャンネルごとに確定され、補正係数テーブルとして記憶装置 66 の保存される。

【0057】

第 1 のフィッティング手段 202 は、記憶装置 66 の投影情報の各チャンネルあるいは各ビュー間の平滑化を行う。この第 1 のフィッティング手段 202 は、各チャンネル間あるいは各ビュー間での平均化演算を行う平均化手段か、あるいは、

チャンネル方向あるいはビュー方向の投影情報値に高次の関数をフィッティングすることにより行われる。このフィッティングで求めた関数は、関数の次数を超える高周波成分は除去されるので平滑化と同等の効果を得る。

【 0 0 5 8 】

第 2 のフィッティング手段 2 0 4 は、X 線検出器 2 4 の 1 つのチャンネルが取得する、投影情報値および第 1 のフィッティング手段 2 0 2 により第 1 の関数フィッティングされた投影情報値の間で一次あるいは高次関数のフィッティングを行う。これにより、B H 補正手段 2 0 1 で用いられる (1) 式と同様の補正関数を取得することができる。

【 0 0 5 9 】

画像再構成手段 2 0 6 は、記憶装置 6 6 の複数ビューからなる投影情報であるサイノグラムを用いて、被検体あるいはファントムの断層画像を再構成する。画像再構成には、例えばフィルタード・バックプロジェクション (f i l t e r e d b a c k p r o j e c t i o n) 法等が用いられ、表示装置 6 8 に再構成画像が表示される。

【 0 0 6 0 】

つづいて、本実施の形態にかかる X 線 C T 装置の動作について述べる前に、ボア 2 9 の撮像中心からずれた位置に配置されるファントムのデータ収集、投影情報およびサイノグラムについて説明する。

【 0 0 6 1 】

図 3 は、走査ガントリ 2 のボア 2 9 内に配置されたファントム 3 1 0 を示している。ファントム 3 1 0 は、円形断面を有しており、その中心は、ボア 2 9 の撮像中心とは異なる場所に位置する。X 線管 2 0 からボータイフィルタを透過して発生される X 線ファンビームは、ファントム 3 1 0 を透過して、X 線検出器 2 4 で検出される。

【 0 0 6 2 】

X 線検出器 2 4 は、X 線ファンビームの拡がり方向に複数の X 線検出素子がアレイ状に配列されており、アレイ状の各チャンネルでファントム 3 1 0 の投影情報を検出する。ここで、X 線管 2 0 、コリメータ 2 2 および X 線検出器 2 4 は、ボ

ア 29 を中心にして対向配置されており、相対位置を変化すること無く、回転部 34 ごとボア 29 の周り回転しつつ投影情報の取得を行う。そして、この回転角度に対応したビュー番号ごとに、前記投影情報を取得し、一枚のサイノグラムを生成する。

【0063】

図 4 (A) は、ファントム 310 を用いた場合のサイノグラムの一例を示した。サイノグラムは、チャンネルの中心近傍に存在する投影情報部およびチャンネルの周辺に存在する空気データ部とからなる。ファントム 310 は、撮像中心からずれて配置されるので、投影情報部のチャンネル幅の位置は、回転部 34 の回転、すなわちビュー番号の変化と共に位置を変化させ、図 4 (A) の様に、ビュー番号方向に蛇行する。また、同様の理由により、ビュー番号の変化と共に、投影情報部のチャンネル幅も変化する。

【0064】

図 4 (B) は、図 4 (A) のビュー番号が j である投影情報を、横軸をチャンネル番号、縦軸を投影情報値として表示したものである。投影情報値は、ファントム 310 を透過する X 線ビームの透過長さに比例するので、ファントム 310 の中心近傍を透過する X 線は、透過長さが大きく、高い投影情報値を示し、ファントム 310 の周辺近傍を透過する X 線は、透過長さが小さく、低い投影情報値を示し、図 4 (B) の様な半円形の投影像を示す。

【0065】

ここで、一例として、ビュー番号が j 、チャンネル番号が i の投影情報値を示す。図 3 に点線で示した X 線ビームは、ビュー番号 j の場合に、X 線検出器 24 のチャンネル番号 i に入射する。この際、X 線ビームがファントム 310 内を透過する長さを l とする。この長さ l と、図 4 (B) のチャンネル i の投影情報値 h は、

$$l \propto h$$

の関係にある。また、図 3 において、ファントム 310 は、撮像中心からずれた位置にあるので、チャンネル i の透過長さ l は、ビューごとに変化する。従って、図 4 (B) に示した、チャンネル i の投影情報値 h もビューごとに変化する。

【0066】

また、図4 (C) は、図4 (A) のチャンネル番号が i の投影情報値を、横軸をビュー番号、縦軸を投影情報値として表示したものである。投影情報値は、ビュー番号ごとに異なる、ファントム 310 を透過する X 線ビームの透過長さに比例するので、図4 (C) に示した様な周期性のある関数となる。

【0067】

つづいて、BH 後処理における補正係数を求める動作について説明する。図5 は、本実施の形態にかかる補正係数を求める動作を示すフローチャートである。なお、図6 には、本動作の際に生成される中間的な投影情報のファイルを示す。まず、ファントムをボア 29 内の撮像中心からずれた位置に配置する。このファントムは、ポリプロピレン等の材質で作成された、円筒形状を有し、例えば径は 35 cm のものとする。そして、このファントムを用いて、ファントムスキャンを行う (ステップ S501)。図6 に、このスキャンにより取得される第1の投影情報 601 を示した。第1の投影情報からなるサイノグラムに対して、ノイズ (noise) 除去および感度補正等の前処理を行う (ステップ S502)。

【0068】

その後、(1) 式を用いて、投影情報値 I_h に BH 補正を行い、補正された投影情報値 I_c を求める (ステップ S503)。これにより、図6 に示す第2の投影情報が生成される。このファイルでは、BH 効果は、概ね除去されるが、X 線検出器 24 の個々のチャンネルごとのばらつきに起因する若干の BH 効果が残存する。図7 (A) に第2の投影情報の例を模式的に示した。概ね円形ファントムの投影情報である半円形の形状を有しているが、チャンネルによっては、X 線感度の違い等により、パルス (pulse) 状に投影情報値 I_c が変化する。これらは、チャンネル固有の現象であるのでチャンネルごとに補正する必要がある。また、図8 (A) に第2の投影情報の1つのチャンネルのビュー方向の投影情報値の例を模式的に示した。ビュー番号によっては、投影情報値 I_c がパルス状に変化する。

【0069】

その後、図5に戻り、第2の投影情報 602 を用いて、第1のフィッティング手段 202 によりチャンネル方向の平滑化を行う (ステップ S504)。これにより、図6 に示す第3'の投影情報 603 が生成される。この投影情報では、チャ

ネルごとのばらつきに起因する投影情報値 I_c が平滑化されて除去される。図 7 (B) に第 3' の投影情報の例を模式的に示した。円形ファントムの投影情報である半円形の形状のみが投影情報として求まる。

【0070】

その後、図 5 に戻り、第 3' の投影情報 6 0 3 を用いて、第 1 のフィッティング手段 2 0 2 によりビュー方向の平滑化を行う（ステップ S 5 0 5）。これにより、図 6 に示す第 3 の投影情報 6 0 4 が生成される。この投影情報では、1つのチャンネルで生じるビューごとのばらつきに起因する投影情報値が平滑化される。図 8 (B) に第 3 の投影情報の例を模式的に示した。1つのチャンネルのビュー方向の周期的な投影情報値が平滑化される。

【0071】

その後、図 5 に戻り、第 2 のフィッティング手段 2 0 4 を用いて、第 2 の投影情報および第 3 の投影情報から一次の補正関数を求める（ステップ S 5 0 6）。ここで、チャンネル番号が i の第 2 の投影情報の投影情報値を $S(j)$ 、第 3 投影情報の投影情報値を $F(j)$ とする。そして、すべてのビュー番号での投影情報値を、横軸を $S(j)$ 、縦軸を $F(j)$ として図示すると図 9 に示す様に、概ね原点を通る直線上に配列する。この直線をチャンネル i の補正関数とする。また、この補正関数は、記憶装置 6 6 に補正関数情報 6 0 5 として保存される。なお、この補正関数の傾きを K_i とすると、

$$F(j) / S(j) \doteq K_i$$

となる。なお、被検体から得られる B H 補正後のチャンネル i の投影情報値 I_c にこの補正係数 K_i を乗算すると、

$$I_p = I_c \cdot K_i$$

となり、被検体の平滑化された補正後の投影情報値 I_p が得られる。

【0072】

また、図 9 で示した、投影情報値 $S(j)$ の大きさおよび値の取得範囲は、投影情報値の大きさが図 3 で示した透過長さ l に比例するので、ファントム 3 1 0 の径およびボア 2 9 内のファントム位置に依存する。

【0073】

その後、図 5 に戻り、補正関数の精度を向上するかどうかを判定する（ステップ S 507）。補正関数の精度向上を計る場合には（ステップ S 507 肯定）、ファントム 310 と異なる径のファントムを、ボア 29 内の撮像中心から異なる位置に配置し、ステップ S 501 に移行する。そして、新たな補正関数を取得する。

【0074】

図 9（B）に、2つの異なる径のファントムを用いた場合に求められる補正関数の例を示す。ファントムの径およびファントムの位置から X 線ビームの透過長さが決まり、投影情報値 $S(j)$ も決まる。従って、ファントムの径を A, B とし、 $A < B$ とすると、概ね図 9（B）に示す様に、ファントム A の投影情報値は、領域 A に存在し、ファントム B の投影情報値は、領域 B に存在する。そして、これら領域の投影情報値から、補正関数が求まる。

【0075】

その後、補正関数の精度上十分なデータが取得された場合には（ステップ S 507 否定）、取得された領域ごとの補正係数に対して高次関数のフィッティングを行う（ステップ S 508）。図 10 に、図 9（B）に示されたファントム A および

B の補正関数を用いた場合の例を示す。領域 A の補正関数 A の値および領域 B の補正関数 B の値に対して、以下の 3 次のフィッティング関数をフィッティングし、

$$I f = K 0 \cdot S(j) + K 1 \cdot S(j)^2 + K 2 \cdot S(j)^3 \text{—— (2)}$$

補正係数 $K 0$, $K 1$ および $K 2$ を決定する。なお、この際、投影情報値の小さい領域 A の補正係数は、投影情報値の大きい領域 B の補正係数より精度が高いと考えられるので、領域ごとに重み付けを行い、領域 A でより高精度にフィッティングするように式（2）の補正係数を決めることもできる。

【0076】

その後、図 5 に戻り、補正係数 $K 0$, $K 1$ および $K 2$ の値からなる高次補正関数情報 606 を記憶装置 66 に保存し（ステップ S 509）、本処理を終了する。

【0077】

なお、被検体の撮像を行う際には、被検体のBH補正が行われた投影情報値 I_c に対して、各チャンネルごとの補正係数 K_0 、 K_1 および K_2 を用いて、式(2)から補正された投影情報値 I_f を求める。そして、これら投影情報値 I_f を、画像再構成手段206により、画像の再構成を行い断層画像情報を取得する。

【0078】

上述してきたように、本実施の形態では、異なる径のファントムを撮像中心からずれた位置に配置して、X線ビームの透過長さがビューごとに異なり、従って、投影情報値もビューごとに異なる投影情報を各チャンネルで取得することとしているので、BH補正後に行うこの投影情報値のチャンネルごとの補正で、補正関数を高次関数で近似し、非線形成分をも考慮した補正を行うことができ、さらに少ない数のファントムデータでも高精度な補正関数を求めることができるので、オペレータのキャリブレーションにかかる時間的および肉体的負担を軽減することができる。

【0079】

また、本実施の形態では、式(2)を用いて3次関数でフィッティングを行ったが、2次あるいは4次以上の高次関数でフィッティングすることもできる。

【0080】

また、本実施の形態では、ステップS506でサイノグラムごとに一次の補正関数をもとめることとしたが、サイノグラムごとの第2の投影情報602および第3の投影情報604に対して高次関数をフィッティングし、一次の補正関数を求めずに高次の補正関数を求めることもできる。

【0081】**【発明の効果】**

以上説明したように、本発明によれば、取得手段により、撮像領域の撮像中心からずれた位置に配置される1つあるいは複数の異なる径を有するファントムの第1の投影情報を、すべてのビューで撮影して、1つあるいは複数のサイノグラムを取得し、ビームハードニング補正手段により、第1の投影情報にビームハードニング効果の補正を行い第2の投影情報を生成し、第1のフィッティング手段

により、第 2 の投影情報に第 1 の関数フィッティングを行って第 3 の投影情報を生成し、第 2 のフィッティング手段により、第 2 の投影情報を構成する各チャンネルで、すべてのビューの第 2 の投影情報の値を独立変数とする第 3 の投影情報の値を第 2 の関数フィッティングを行って補正関数を求め、補正手段により、この補正関数から、撮像領域に載置される被検体の投影情報を補正することとしているので、ビューごとあるいはサイノグラムごとに第 2 の投影情報の値が異なるので、補正関数を関数フィッティングで求める際に、第 2 の投影情報の値の広い範囲で補正関数のフィッティングを行い、補正関数の精度を向上して画質の向上を計ることができ、あるいは、少ない数のファントムで高精度の補正関数を得ることで簡易に補正関数を求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

X 線 C T 装置の全体構成を示すブロック図である。

【図 2】

実施の形態 1 のデータ処理装置を示す機能ブロック図である。

【図 3】

実施の形態 1 のファントムと回転部の位置関係を示す図である。

【図 4】

実施の形態 1 のファントムのサイノグラムおよび投影情報値を示す図である。

【図 5】

実施の形態 1 のデータ処理装置の動作を示すフローチャートである。

【図 6】

実施の形態 1 の記憶装置内のファイルを示すブロック図である。

【図 7】

実施の形態の投影情報値のチャンネル方向の処理を示す図である。

【図 8】

実施の形態の投影情報値のビュー方向の処理を示す図である。

【図 9】

実施の形態の投影情報値の補正係数を示す図である。

【図 1 0】

実施の形態の投影情報値の第 2 のフィッティング関数を求める図である。

【符号の説明】

- 2 走査ガントリ
- 4 撮影テーブル
- 6 操作コンソール
- 2 0 X線管
- 2 2 コリメータ
- 2 4 X線検出器
- 2 6 データ収集部
- 2 8 X線コントローラ
- 2 9 ボア
- 3 0 コリメータコントローラ
- 3 4 回転部
- 3 6 回転コントローラ
- 6 0 データ処理装置
- 6 2 制御インタフェース
- 6 4 データ収集バッファ
- 6 6 記憶装置
- 6 8 表示装置
- 7 0 操作装置
- 2 0 1 B H補正手段
- 2 0 2 第 1 のフィッティング手段
- 2 0 4 第 2 のフィッティング手段
- 2 0 6 画像再構成手段
- 3 1 0 ファントム
- 6 0 1 第 1 の投影情報
- 6 0 2 第 2 の投影情報
- 6 0 3 第 3 の投影情報

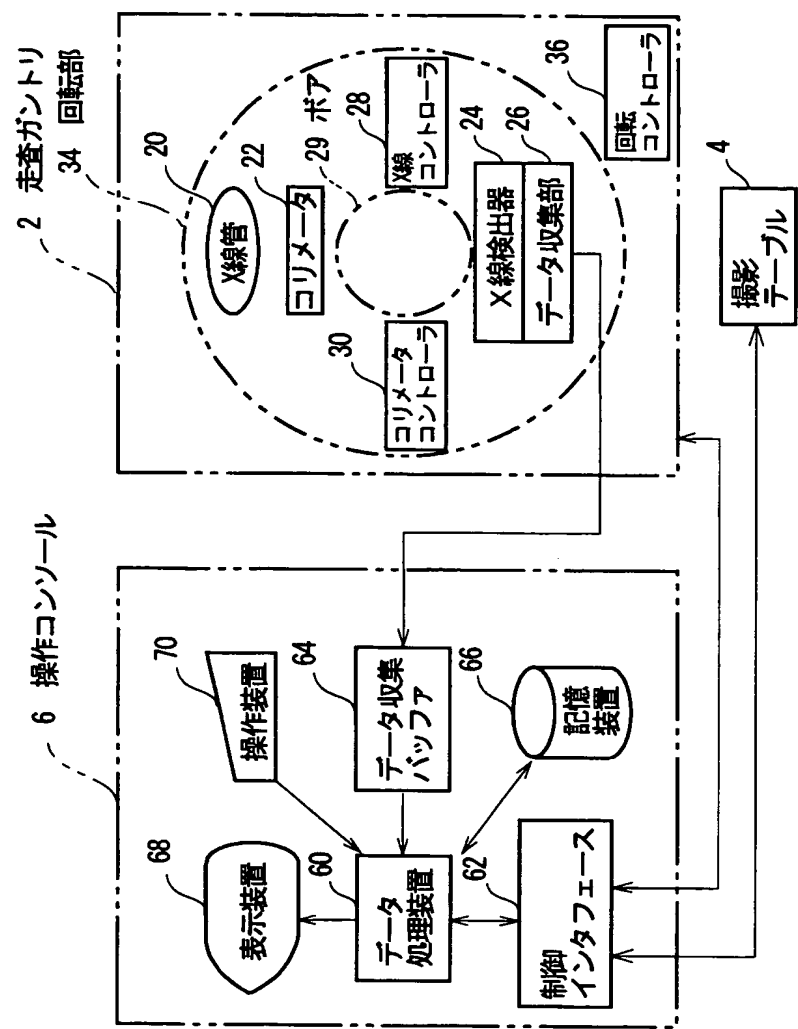
6 0 4 第 3 の投影情報

6 0 5 補正関数情報

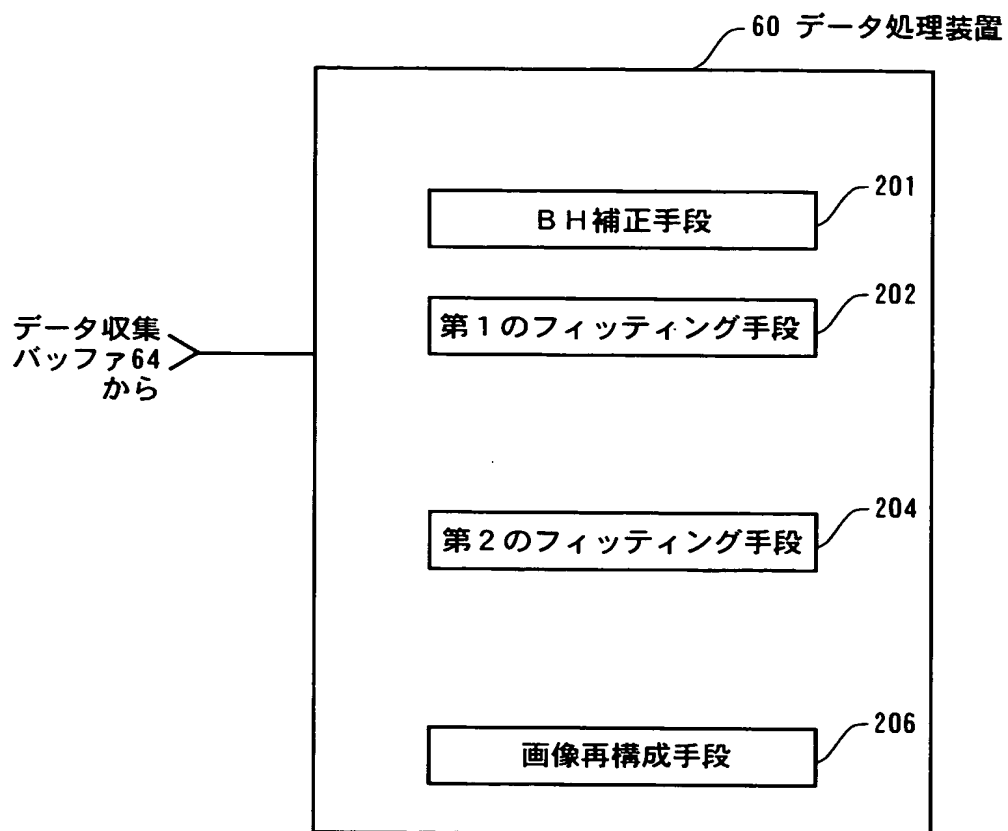
6 0 6 高次補正関数情報

【書類名】 図面

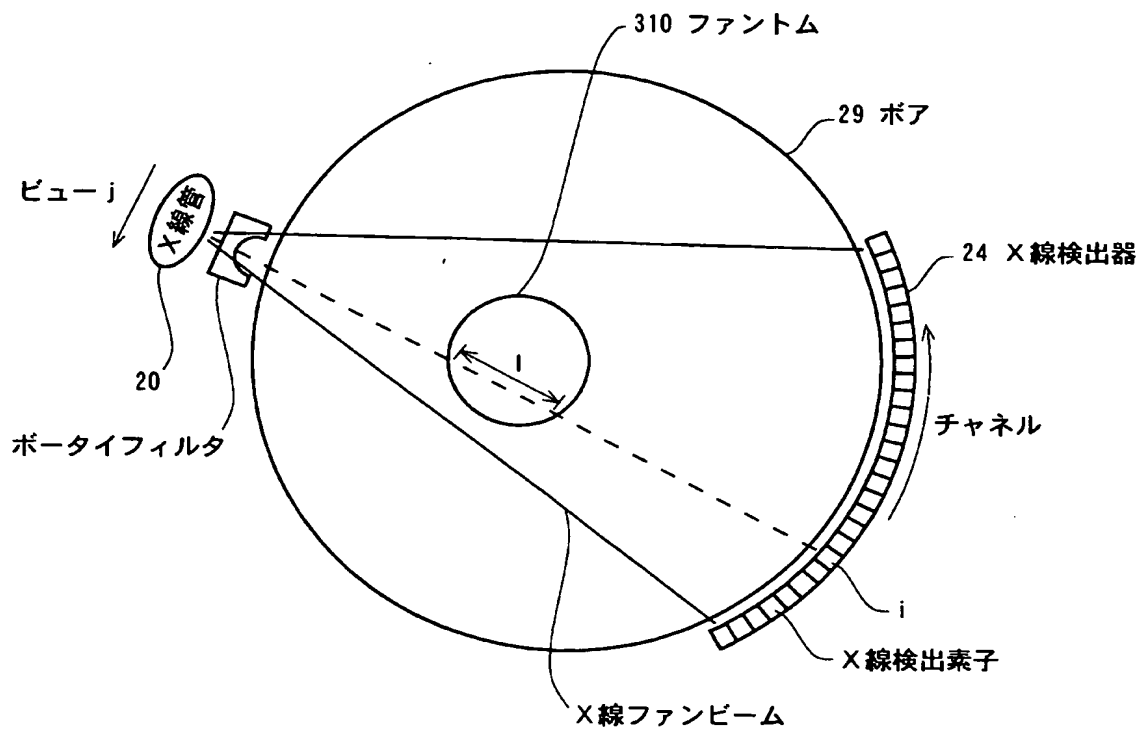
【図 1】



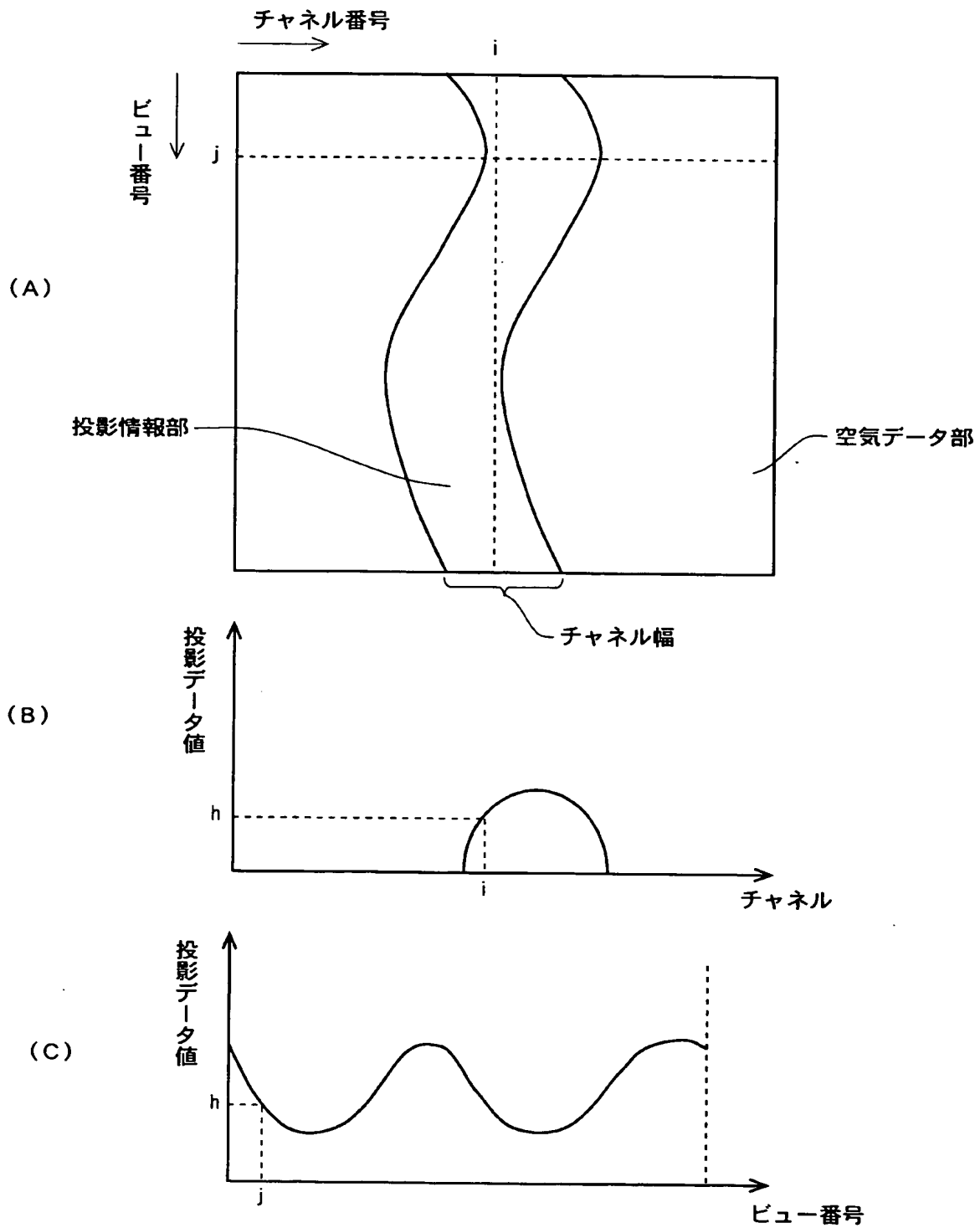
【図 2】



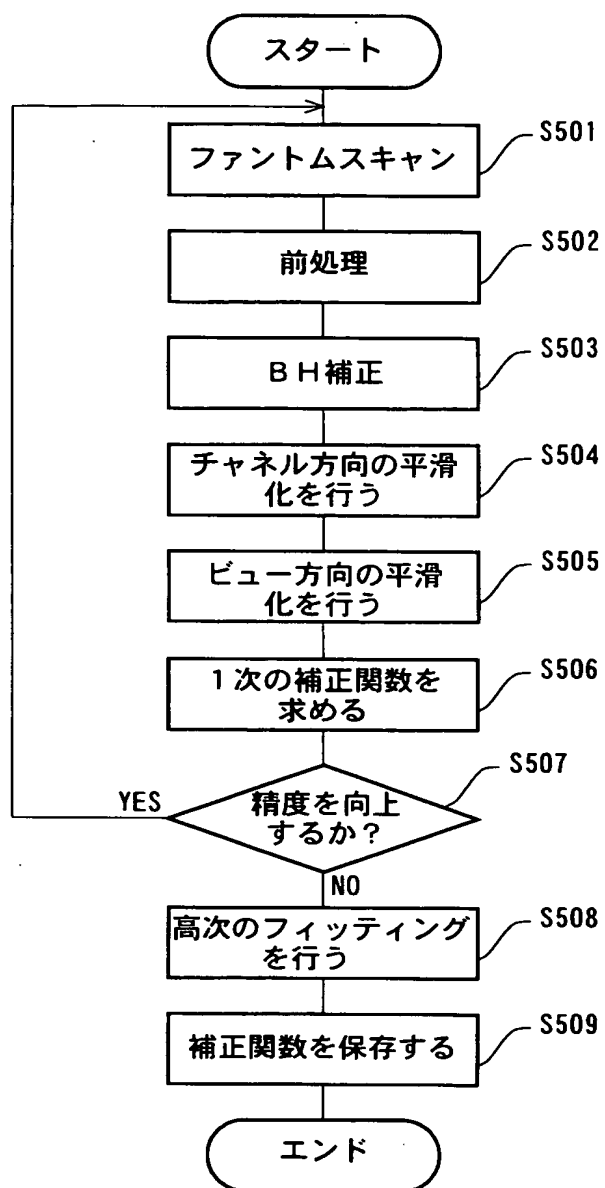
【図 3】



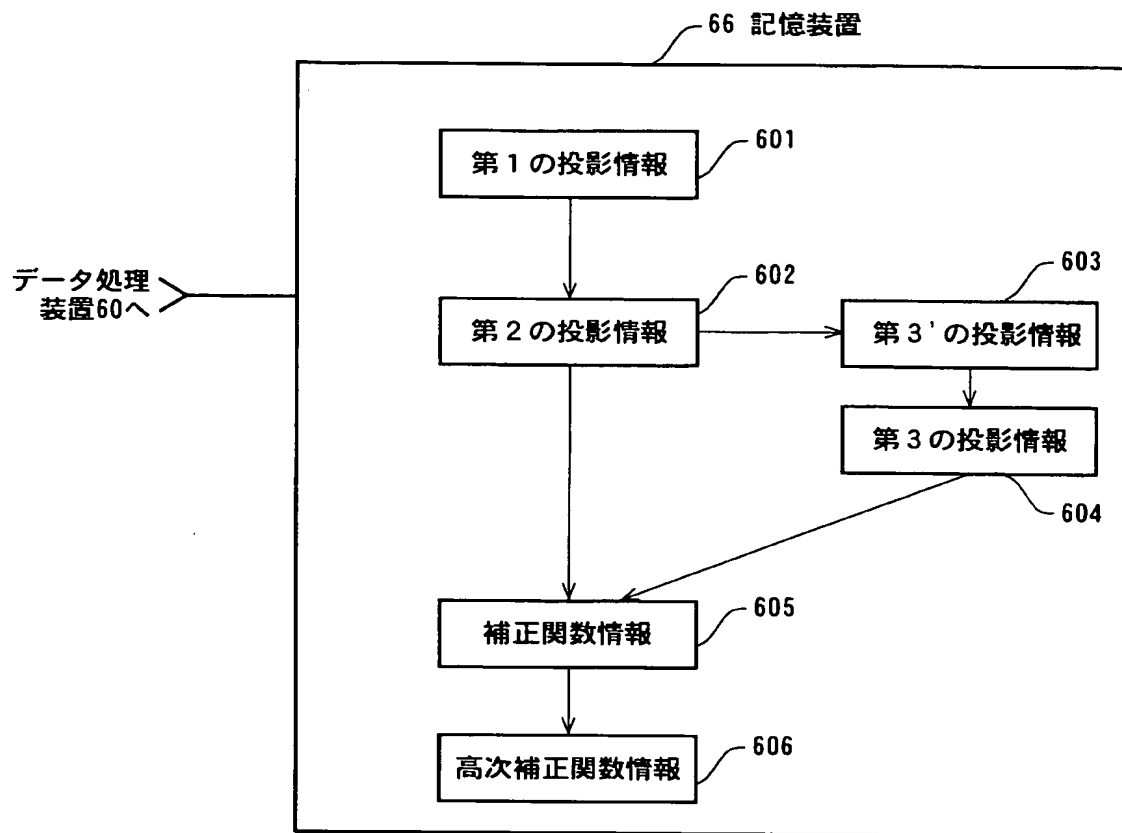
【図 4】



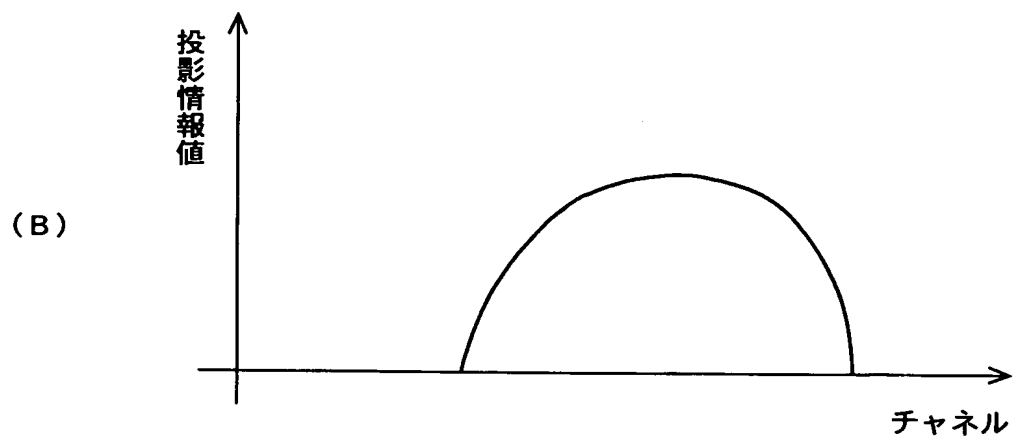
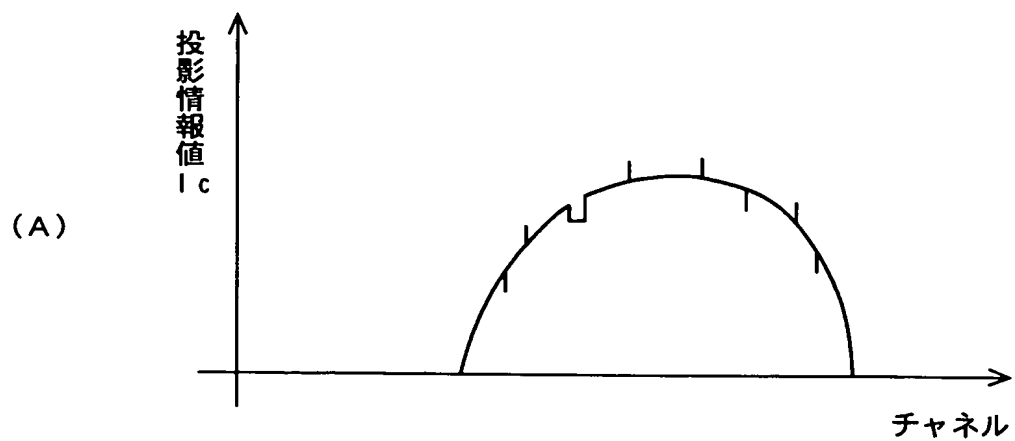
【図 5】



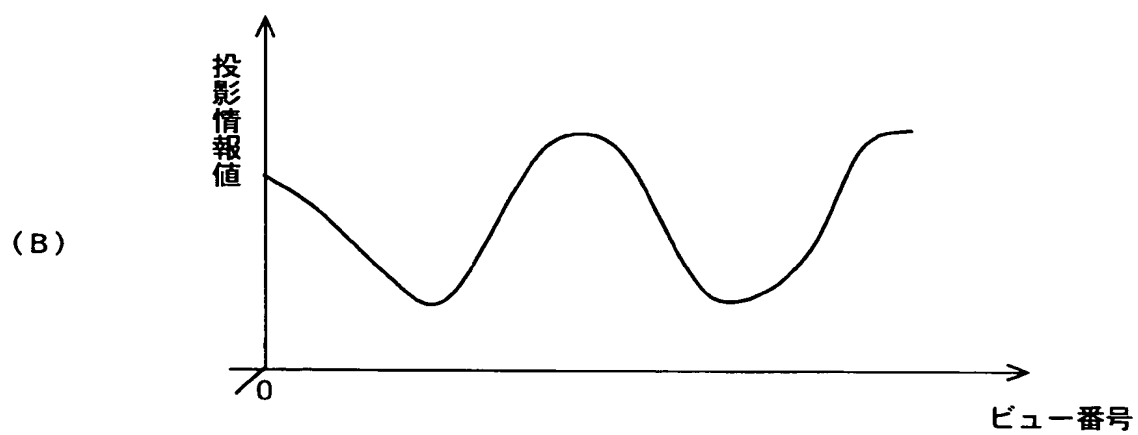
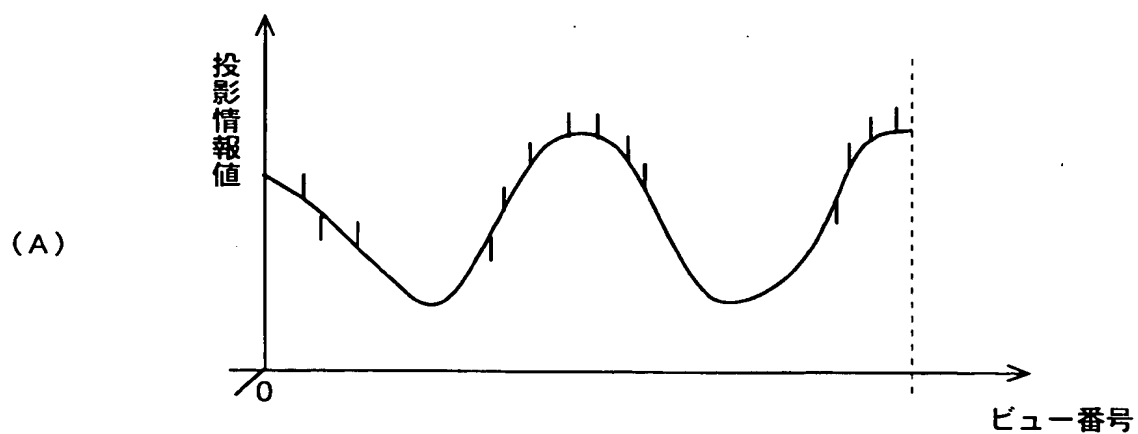
【図 6】



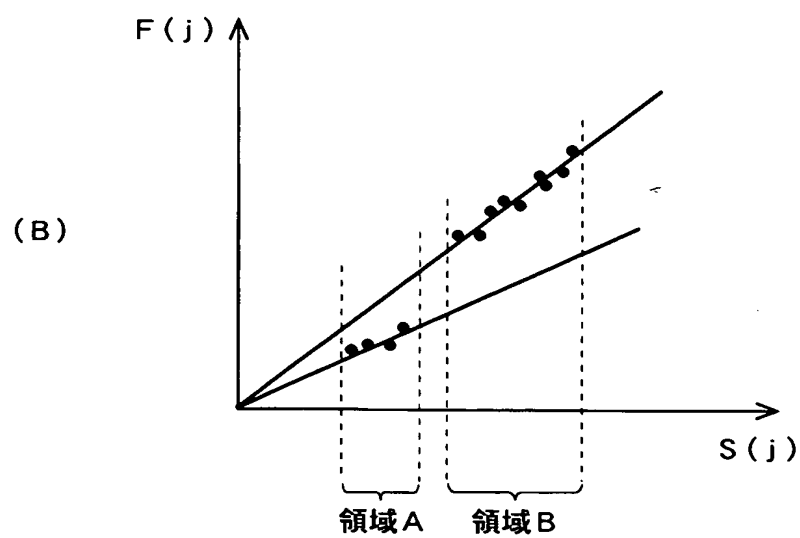
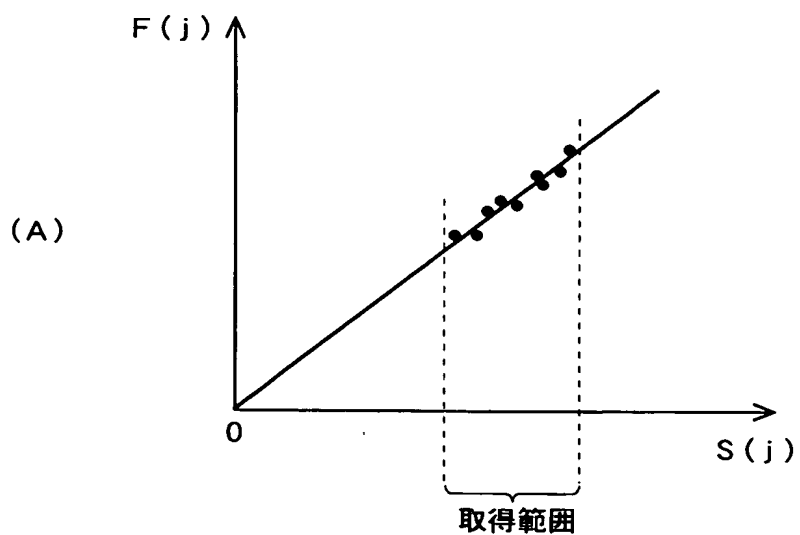
【図 7】



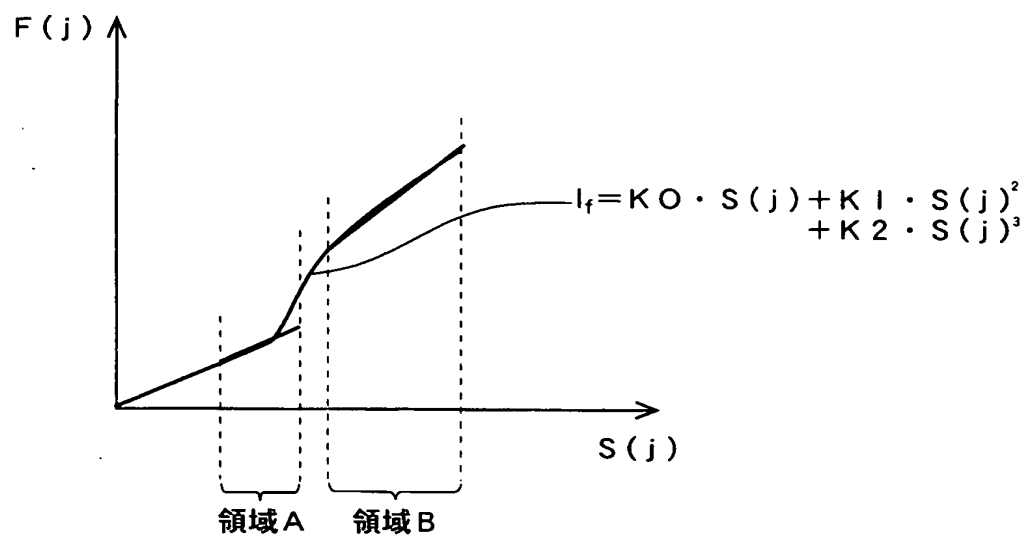
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 B H 効果のチャネルごとの補正を、簡易にしかも非線形効果も考慮して精密化できるビームハードニング後処理方法および X 線 C T 装置を実現する。

【解決手段】 異なる径のファントムを撮像中心からずれた位置に配置して、X 線ビームの透過長さがビューごとに異なる投影情報を取得し（ステップ S 5 0 1）、従って、投影情報値がビューごとに異なる投影情報を、各チャネルで取得し、補正係数を求め（ステップ S 5 0 6）、この補正係数から、高次関数のフィッティングにより非線形効果も含めた補正関数を求める（ステップ S 5 0 8）こととしているので、B H 補正後に行うこの投影情報値のチャネルごとの補正で高精度の補正を行うことができ、さらに少数のファントム投影情報でも高精度な補正を行うことができるので、キャリブレーションにかかる時間的負担を軽減することを実現させる。

【選択図】 図 5

特願 2 0 0 2 - 3 4 9 4 2 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [3 0 0 0 1 9 2 3 8]

1. 変更年月日 2 0 0 0 年 3 月 1 日

[変更理由] 新規登録

住 所 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・5 3 1 8 8 ・ワウケシャ
・ノース・グランドヴュー・ブルバード・ダブリュー・7 1
0 ・3 0 0 0

氏 名 ジーイー・メディカル・システム・グローバル・テクノロジー
・カンパニー・エルエルシー

2. 変更年月日 2 0 0 0 年 3 月 1 5 日

[変更理由] 名称変更

住 所 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・5 3 1 8 8 ・ワウケシャ
・ノース・グランドヴュー・ブルバード・ダブリュー・7 1
0 ・3 0 0 0

氏 名 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー
・カンパニー・エルエルシー